

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Zařízení pro odběr vzorků

Sampling Equipment

Student:

Lukáš Cieslar

Vedoucí práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Cieslar**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**
Specializace: **21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení**
Téma: **Zařízení pro odběr vzorků**
Sampling Equipment

Zásady pro vypracování:

Pro potřebu průmyslové praxe navrhnete vzorkovač jemné drtě. Vzorky musí být odebírány z podtlakově dopravované drtě v potrubí cca JS 1000. Zrnitost drtě předpokládejte v rozsahu 0,1-0,001mm. Při návrhu zařízení berte v úvahu abrazivní vlastnosti dopravovaného materiálu a bezpečnost přepravy vzorků do laboratoře.

Proveďte :

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.

2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.

3. Výrobní výkresovou dokumentaci zařízení pro odběr vzorků.

Rozsah výtahu z rešerše z Bakalářského projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 1A0

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory.*

Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.*

Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka.*

Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.

FS_SME_05_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Bakalářského projektu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20. 5. 2013

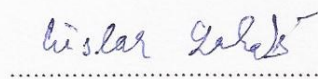


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20. 5. 2013



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Lukáš CIESLAR

Adresa trvalého pobytu autora práce:

700 30, Ostrava-Dubina, Škody 190/5

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

CIESLAR, Lukáš. *Zařízení pro odběr vzorků*. Ostrava, 2013. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 51 stran, Vedoucí práce: Ing. Noga Zdeněk, CSc.

Bakalářská práce se zabývá návrhem zařízení pro odběr vzorků. V úvodu práce jsou nastíněny principy vzorkování, způsoby vzorkování a také vlivy, na které by se měl brát zřetel při návrhu zařízení. Následně je zpracován konstrukční návrh Zařízení pro odběr vzorků, ve kterém jsou uvedeny požadavky kladené na zařízení, jeho funkce a dále rozpracován konstrukční návrh až po úplnou stavební strukturu zařízení.

Výpočtová část se zabývá výpočtem velikostí odběrných komor a následným dopočtem potřebných informací. Výkresová dokumentace je přiložena v Příloze bakalářské práce.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

CIESLAR, Lukáš. *Sampling equipment*, Ostrava, 2013. Bachelor Thesis. VŠB - Technical University of Ostrava. 51 pages, Thesis head: Ing. Noga Zdeněk, CSc.

Bachelor thesis deals with design of sampling equipment. At the beginning of the thesis are outlined the principles of , sampling methods and also influences, which should take into account to design of the device. Then the design is processed for sampling equipment, in which the requirements are listed for the device, its functions and further elaboration of the design to final the building structure of the device.

The calculation section deals with the calculation of the size of the collecting chambers and then subsequent recalculation of the necessary information. Drawing documentation is included in the annex of the Bachelor thesis.

Obsah

1	ÚVOD.....	10
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	11
2.1	NANOMATERIÁLY	11
	<i>Materiály s ultrajemným zrnem.....</i>	<i>11</i>
	<i>Nanomateriály.....</i>	<i>11</i>
	<i>Systém nanozrn.....</i>	<i>12</i>
2.2	DRUHY VZORKOVAČŮ	12
	<i>Přenosné vzorkovače.....</i>	<i>12</i>
	<i>Stacionární vzorkovače</i>	<i>12</i>
2.3	PROUDĚNÍ VZDUCHU	13
	<i>Rychlostní profily</i>	<i>13</i>
	<i>Tlakové ztráty třením.....</i>	<i>13</i>
	<i>Tlakové místní ztráty</i>	<i>14</i>
	- <i>a - šoupátko.....</i>	<i>15</i>
	- <i>b - uzavírací ventil (obecně má vyšší tlakovou ztrátu než šoupátko).....</i>	<i>15</i>
	- <i>c - odbočka (T-kus)</i>	<i>15</i>
	- <i>d - plynulé zúžení</i>	<i>15</i>
	- <i>e - oblouk (koleno).</i>	<i>15</i>
	<i>Rychlosti a vektory rychlostí u kolen [3]</i>	<i>15</i>
3	SEZNAM POŽADAVKŮ.....	16
3.1	POŽADAVKY	16
3.2	SPECIFIKACE POŽADAVKŮ	16
3.3	POŽADAVKOVÝ LIST	17
3.4	SEZNAM FUNKCÍ	19
3.5	TRANSFORMAČNÍ PROCES	19
3.6	TECHNOLOGIE.....	19
4	TECHNICKÝ PROCES (POUZE HLAVNÍ TOK)	20
5	FUNKČNÍ STRUKTURA.....	21
5.1	BLOKOVÉ SCHÉMA.....	21
5.2	HIERARCHICKÝ FUNKČNÍ STROM	22
6	ORGANOVÁ STRUKTURA.....	23

6.1	MORFOLOGICKÁ MATICE	23
6.2	VYBRANÉ VARIANTY	24
6.3	VYHODNOCENÍ VARIANT	25
7	HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA	26
	<i>Varianta A</i>	<i>26</i>
	<i>Varianta B</i>	<i>27</i>
8	VÝPOČET	28
	<i>Objem jedné odběrové komory.....</i>	<i>28</i>
	<i>Objem celkový odběrových komor</i>	<i>28</i>
	<i>Rozdíl tlaků.....</i>	<i>30</i>
	<i>Síla potřebná k zasunutí vzorkovací tyče do potrubí</i>	<i>30</i>
9	ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA	31
9.1	ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA VZORKOVACÍ TYČE	31
	<i>Detail místa pro vyrovnání tlaků.....</i>	<i>32</i>
9.2	ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA NADSTAVCE VZORKOVACÍ TYČE	34
9.3	ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA CELKU POTŘEBNÉHO K ZASUNUTÍ	
	VZORKOVACÍ TYČE DO POTRUBÍ.....	35
	ZÁVĚR.....	41
	SEZNAM LITERATURY	42
	<i>Knihy a časopisy.....</i>	<i>42</i>
	<i>Normy.....</i>	<i>42</i>
	<i>Internetové zdroje.....</i>	<i>42</i>
	SEZNAM OBRÁZKŮ	43
	SEZNAM TABULEK	44
	SEZNAM PŘÍLOH	44

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

Symbol	Význam	Jednotka
d	charakteristický rozměr	[mm]
d_{ok}	průměr odběrové komory	[mm]
d_{vt}	průměr vzorkovací tyče	[mm]
d_{vtr}	průměr vzorkovací trubky	[mm]
F	síla pro zasunutí vzorkovače	[N]
i	počet vzorkovacích míst	[-]
p_o	tlak vzduchu okolí	[Pa]
p_p	tlak vzduchu-podtlak	[Pa]
Re	Reynoldsovo číslo	[-]
S	průřez	[m ²]
ν	kinematická viskozita	[m ² /s]
V_c	Celkový objem vzorkovacích komor	[mm ³]
V_{ok}	Objem jedné odběrové komory	[mm ³]
w	rychlost	[m/s]
Δp	rozdíl tlaků	[Pa]
λ	součinitel tření	[-]

1 ÚVOD

V současné době se setkáváme s mnoha druhy vzorkovacích zařízení. Tato zařízení se používají v mnoha odvětvích technické praxe. Vzorkovací zařízení jsou určena k odebrání vzorků z kritických míst. Vzorky se dále posílají do laboratoří k podrobnějšímu rozboru.

V praxi se odebírání vysoká škála vzorků. Od vzorků půdy, přes vzorky kapaliny, prachu až po vzorky plynné.

Mým úkolem je navrhnout vzorkovací zařízení, které bude odebírat reprezentativní vzorky z daného potrubí. V potrubí proudí částice o velikosti zrna v rozsahu 0,1-0,001mm, které jsou unášeny vzduchem pomocí podtlaku.

Cílem mé práce je analyzovat problém, blíže se s ním seznámit a následně navrhnout alespoň dvě možná řešení, která budou odpovídat mému zadání. Poté nejvhodnější variantu zpracovat do úplné stavební struktury s vytvořením výkresové dokumentace.

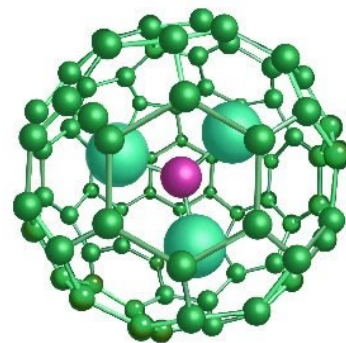
V práci jsem postupoval dle metodiky konstruování [I]

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Nanomateriály

Materiály s ultrajemným zrnem

Průměrná velikost zrna resp. disperzních částic menší než $1\ \mu\text{m}$ a větší než desítky nm.[1]



Obrázek 1 Nanomateriál [1]

Odlišné mechanické vlastnosti jsou následkem zejména:

- zvýšené citlivosti k rychlosti deformace
- omezením pohyblivosti a interakce dislokací pouze na oblast subzrna.[1]

Nanomateriály

Průměrná velikost zrna resp. disperzních částic výrazně menší než 100 nm.

Odlišné mechanické vlastnosti jsou následkem zejména:

- výrazným podílem hranic zrn nebo povrchových atomů v objemu
- srovnatelností velikosti zrn se šířkou rozštěpené dislokace nebo s rozměrem minimálních substrukturních domén.[1]

Nanovrstvy: tloušťka vrstvy menší než 100 nm.

Extrémní vlastnosti jsou následkem srovnatelností tloušťky vrstvy:

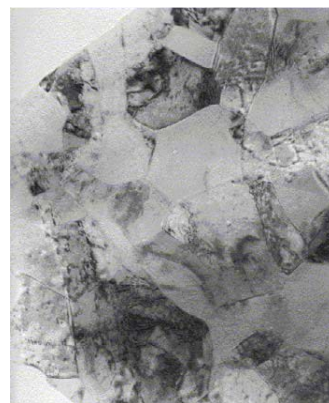
- s šířkou rozštěpené dislokace nebo jejího jádra
- s rozměrem substrukturních domén.[1]

Technologie výroby dostatečně objemově masivních vzorků materiálu jsou založeny na tzv. extrémní plastické deformaci (severe plastic deformation), která vede na ultrajemné zrno.

Pokud je výchozím produktem materiál získaný práškovou metalurgií, lze docílit i objemového nanomateriálu. Užívá se syntetizace za kryogenních teplot po předchozím rozprašování katalyzovaném elektromagnetickým zářením v oboru radiových vln. [1]

Systém nanozrn

Dislokace se uvnitř zrn nevyskytují v důsledku vysokého vnitřního napětí od hraničních dislokací, neexistuje prostor pro skluz a interakci, tj. zpevnění. Vysoký objemový podíl hranic zrn zdůrazňuje úlohu hraničních dislokací a difúze (prokluzu, Cobleův creep) již v oblasti pokojových teplot. Mez kluzu σ_{yN} σ v systému nanozrn je tedy dána kritickým skluzovým napětím hraničních dislokací. [1]



Obrázek 2-Systém nanozrn [1]

2.2 Druhy vzorkovačů

Vzorkovač je zařízení určené k odběru vzorků. Toto zařízení umožňuje kontrolovat kvalitu média v určitém časovém úseku v závislosti na nastavení. Vzorkovač odebírá z toku malá množství média, které ukládá do jedné, nebo více odběrových kapslí. Po naplnění kapslí jsou získané vzorky odvezeny do laboratoře k rozboru.[2]

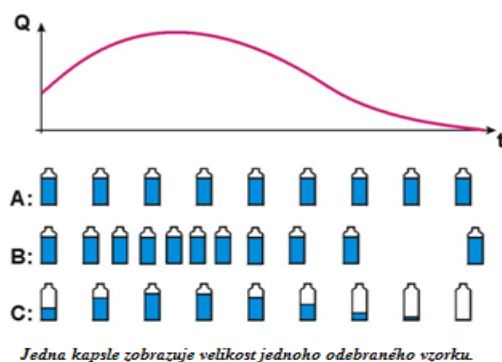
Přenosné vzorkovače - Přenosné vzorkovače jsou malé, lehké a tím umožňují snadnou přepravu.[2]

Stacionární vzorkovače - Stacionární vzorkovače jsou v kovové skříni s tepelnou izolací pro temperování vzorků na 4°C, jsou napájeny z rozvodu elektrické energie.[2]

Typy odběrů

Vzorkovače mohou odebírat vzorky v těchto typech odběru:

- A. **časový** - vzorky jsou odebírány v pevném časovém intervalu. Například: každých 6 minut je odebrán vzorek o objemu 100 ml.[2]
- B. **objemový** - vzorky jsou odebírány v proměnném intervalu, který se mění v závislosti na proteklém objemu (množství) se stálým objemem odebíraného vzorku.[2]
- C. **průtokový** - vzorky jsou odebírány v pevném intervalu, s proměnnou velikostí odebíraného vzorku. Velikost vzorku je proměnná v závislosti na okamžitém průtoku (l/s). [2]



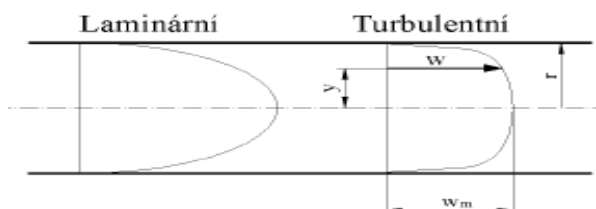
Obrázek 3-Velikost jednoho odebraného vzorku [2]

2.3 Proudění vzduchu

Aerodynamický výpočet rozvodu vzduchu je založen na poznatcích o proudění tekutiny potrubím. K určení stavu proudícího vzduchu určují veličiny tlak, teplota, hustota a rychlost. Předpokládáme, že měrná tepelná kapacita vzduchu nezávisí na teplotě a tlaku a platí jednoduchá stavová rovnice: [3]

Rychlostní profily

Proudění potrubím může být laminární nebo turbulentní. Hranici mezi laminárním a turbulentním prouděním udává Reynoldsovo číslo:[3]



Obrázek 4-Typy proudění [3]

Je-li hodnota Re vyšší, než kritická hodnota Re_{KRIT} , je proudění turbulentní.

Bude-li pro kruhový průřez $Re \leq 2300$, proudění bude vždy laminární, je-li $Re \geq 3000$, bude proudění vždy turbulentní. Ve větracích zařízeních bude charakter proudění převážně turbulentní. [3]

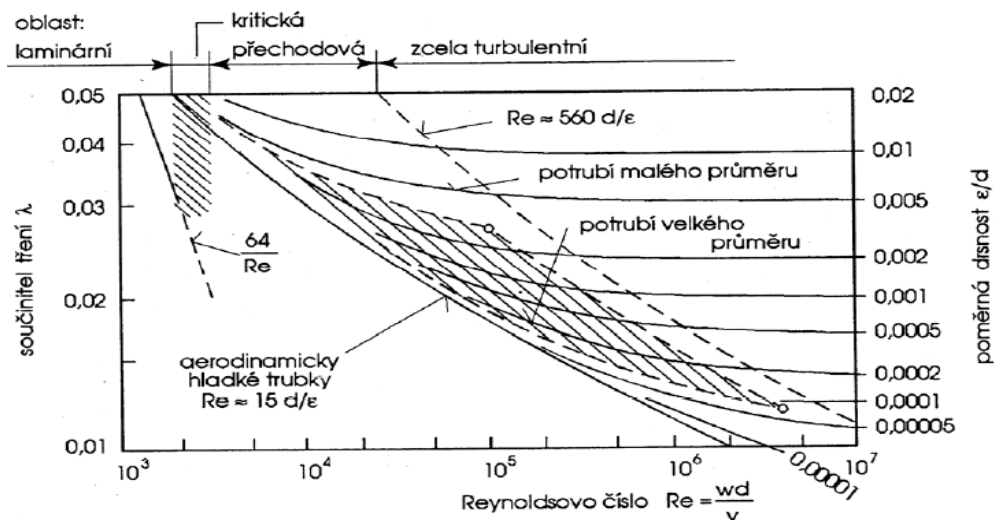
Při proudění vzduchu potrubím se vlivem vazkosti přemění část mechanické energie v teplo. Nebudeme-li uvažovat o stlačitelnosti vzduchu, projeví se úbytek mechanické energie úbytkem tlaku. Hovoříme o tlakových ztrátách. [3]

Podle toho, jak ztráty vznikají, rozlišujeme ztráty na:

- třením; provází proudící vzduch po celé délce potrubí
- místní; vznikají tam, kde je proud vzduchu narušen

Tlakové ztráty třením

Pro překonání odporu přímého potrubí o průřezu S , obvodu O (konstantní po délce l), dojde k úbytku tlaku. Velikosti tohoto úbytku závisí na délce, charakteristickém průřezu a drsnosti potrubí. [3]

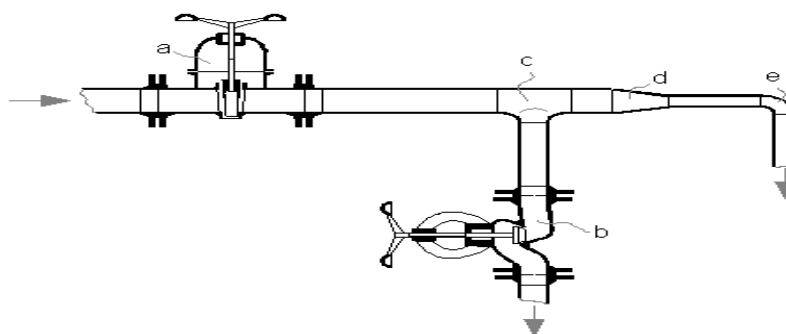


Obrázek 5-Závislost součinitele tření λ na Re a poměrné drsnosti ε/d při proudění potrubím kruhového průřezu [3]

Oblast λ se při rychlosti proudění vzduchu v potrubí $w = (0,5 - 30) \text{ m/s}$ a průměrech 50 až 2000 mm pohybuje od 0,015 do 0,030. [3]

Tlakové místní ztráty

Důležitou veličinou potřebnou pro stanovení tlakové ztráty místního odporu je součinitel místního odporu, který se stanovuje výpočtem podle změřených hodnot tlakových ztrát příslušného místního odporu. Typickým příkladem místních ztrát, jsou ztráty v kolenu, zúžení, clony a jiné (ventily apod.). Tyto ztráty jsou závislé na geometrii prvku, jako je např. u kolena poměr D/R , nebo u zúžení D/R v závislosti na L . Zároveň tyto místní ztráty ovlivňuje i konstrukční provedení, zvláště u prvků jako jsou ventily a regulační orgány, kdy výsledný součinitel místní ztráty je souhrnem několika místních ztrát v souladu s konstrukcí prvků. Obvykle tyto ztráty bývají vyšší, než ztráty v kolenech, nebo v zúženích. Bývají určeny měřením, nebo je udává výrobce. [4]

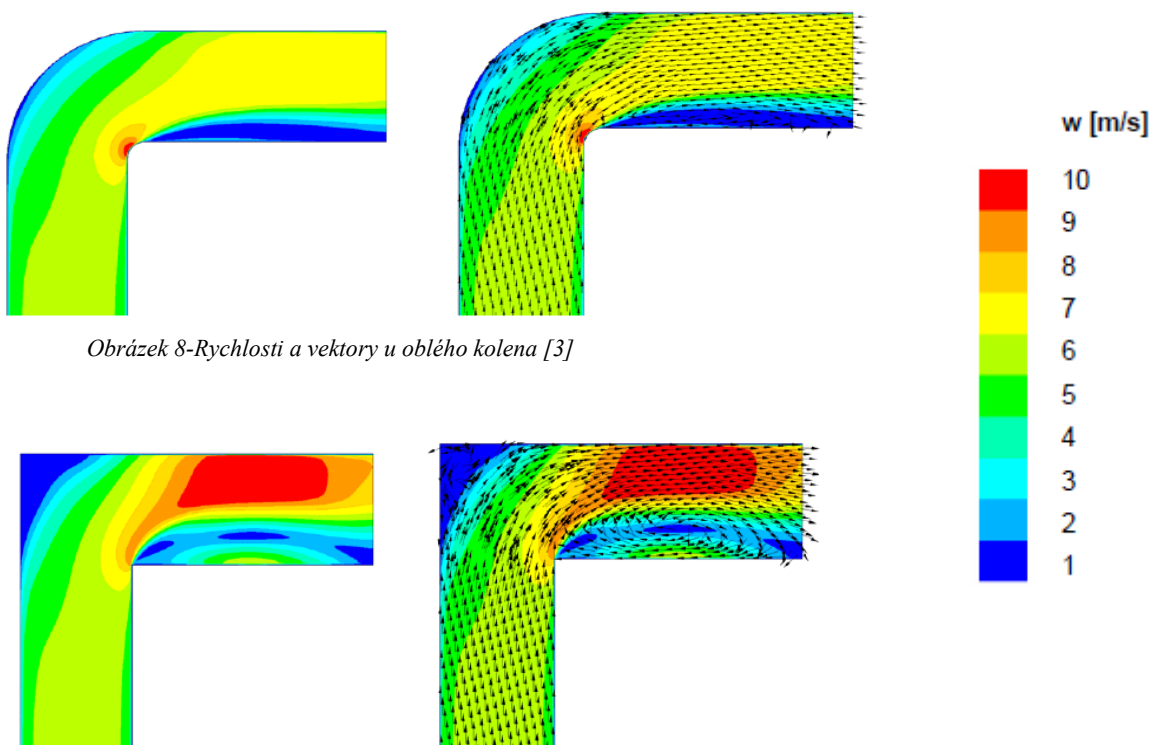


Obrázek 6-Příklady místních ztrát [6]

- a - šoupátko
- b - uzavírací ventil (obecně má vyšší tlakovou ztrátu než šoupátko)
- c - odbočka (T-kus)
- d - plynulé zúžení
- e - oblouk (koleno).

Zároveň v těchto prvcích dochází nejen k místní ztrátě, ale i ke změně profilu proudění, který je opět ovlivněn geometrií prvků.[6]

Rychlosti a vektory rychlostí u kolen [3]



Obrázek 8-Rychlosti a vektory u oblého kolena [3]

Obrázek 7-Rychlosti a vektory u ostrého kolena [3]

Při návrhu vzduchotechnické sítě je volba správných tvarovek důležitá. Je třeba se vyhnout zejména ostrým hranám, které mohou být zdrojem nejen hluku, ale i vysokých tlakových ztrát.[3]

3 SEZNAM POŽADAVKŮ

3.1 Požadavky

Příprava vzorkovače a odběr

- Snadná montáž po přepravě vzorkovače
- Snadná příprava vzorkovače
- Rychlá obsluha
- Těsnost připojovacích zařízení
- Vyrovnání tlaků (podtlaku) ve vyrovnávací komoře
- Snadné vsunutí vzorkovače do potrubí
- Odebrání reprezentativního vzorku
- Hermetizace vzorku

Vyjmutí vzorkovače z potrubí

- Těsnost připojovacích zařízení
- Snadné vysunutí vzorkovače z potrubí
- Rychlá obsluha
- Vyrovnání tlaků ve vyrovnávací komoře (okolní tlak)
- Hermetizace vzorku

3.2 Specifikace požadavků

Navrhnout zařízení, které bude odebírat reprezentativní vzorek k podrobnějšímu rozboru v laboratoři.

Z potrubí o určitém průměru přibližně 1m odebrat vzorek cca jednou za 8h . V potrubí proudí částice prachu, mikročástice, nebo nanočástice. Materiál je v potrubí unášen vzduchem pomocí podtlaku.

3.3 Požadavkový list

Specifikace požadavku:	Podmínka
FUNKCE, ÚČINKY A FUNKČNÍ PARAMETRY	
<u>Proces vzorkovače:</u>	
Poloha odebíraného vzorku: svislá	X
Vyrovňování tlaků: (podtlak/okolní tlak)	X
Přístupnost: dobrá přístupnost k místu odběru	X
Hermetizovat odebraný vzorek	X
<u>Odebíraný materiál</u>	
Materiál: nanomateriál	
Tvar: velmi rozdílný	
Velikost: max cca 0,1 mm do cca 0,001 nm	
Odebrané množství: cca 1cm ³	
Teplota: pokojová, místy zvýšená	
<u>Provoz</u>	
Prostředí: provozní	
Četnost použití: střední	
Požadovaná životnost: minimálně 5let	X
Údržba: -minimální	X
-žádná	
<u>Ergonomie</u>	
Vysoká těsnost	X
Jednoduché, bezpečné odebírání (přístupnost k místům odběru)	X
Bezpečnost proti poranění	X
<u>Vzhled</u>	
Uspokojivé tvary	

Povrch: -necitlivý k poškození	
-vhodný k čištění	X
-barevně nenápadný	
<u>Distribuce a manipulace</u>	
Minimální skladovací prostor	
Přemisťování: -ručně	X
<u>Předpisy a normy</u>	
Bez porušení patentových práv	X
Nejsou zvláštní předpisy a normy	
<u>Výroba</u>	
Malé série	
<u>Ekonomie</u>	
Konstrukční výrobek	X
Minimální náklady na provoz	X

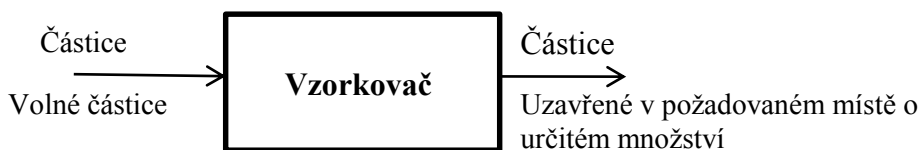
Tabulka 1-Požadavkový list [I]

3.4 Seznam funkcí

- Odebírat reprezentativní vzorek
- Zajistit bezpečné otevření a zavření vyrovnávací komory
- Zajistit těsnost vyrovnávací komory
- Zajistit vyrovnávání tlaků při obsluze zařízení (přetlak/tlak okolí)
- Zajistit bezpečné otevření a zavření potrubí
- Zajistit bezpečné vsunutí a vysunutí vzorkovací tyče do potrubí
- Zajistit těsnost odebraného materiálu
- Zajistit bezpečnost převozu vzorku do laboratoře

3.5 Transformační proces

Na obrázku je schéma černé skříňky, která znázorňuje počáteční a koncový stav procesu transformace.

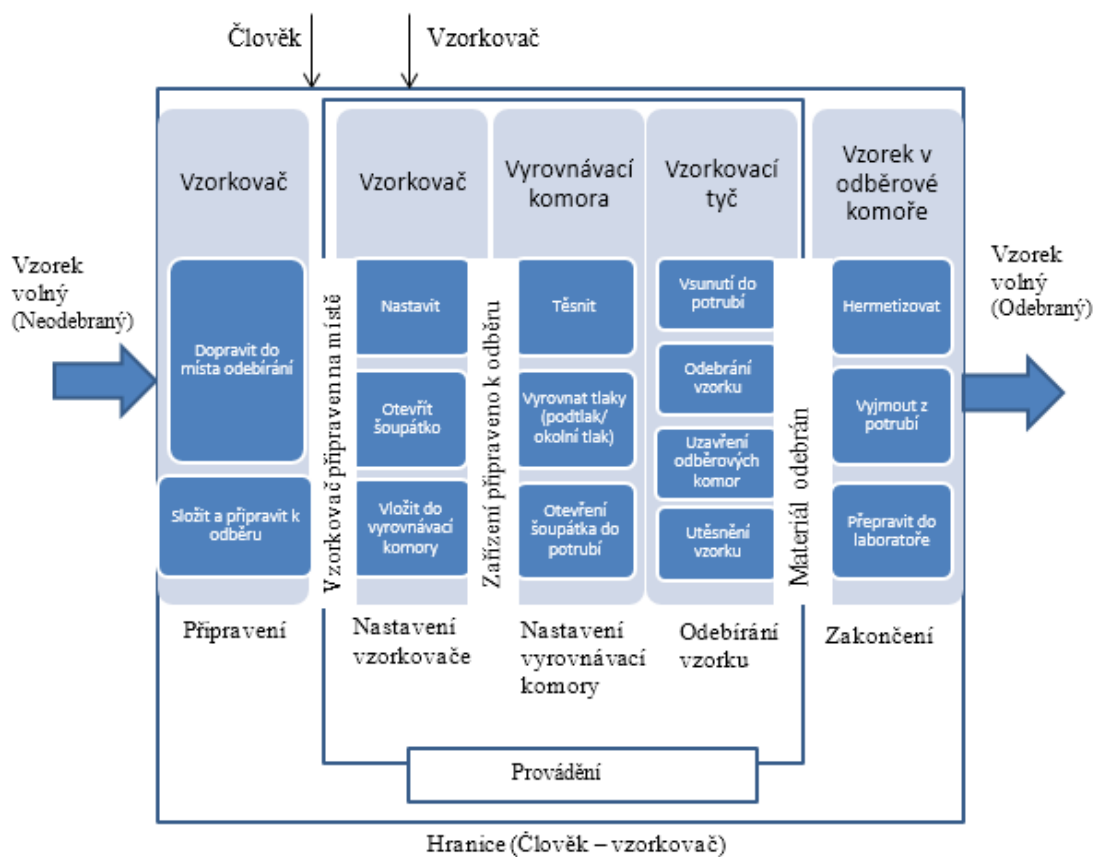


Obrázek 9-Černá skříňka [1]

3.6 Technologie

Volně polétavé částice unášené v potrubí vzduchem za pomoci podtlaku budou odebrány do vzorkovací tyče, která má po jejím obvodu odběrové komory o určitém objemu pro odebíraný vzorek. Odebraný vzorek se dále pošle na rozbor.

4 TECHNICKÝ PROCES (POUZE HLAVNÍ TOK)

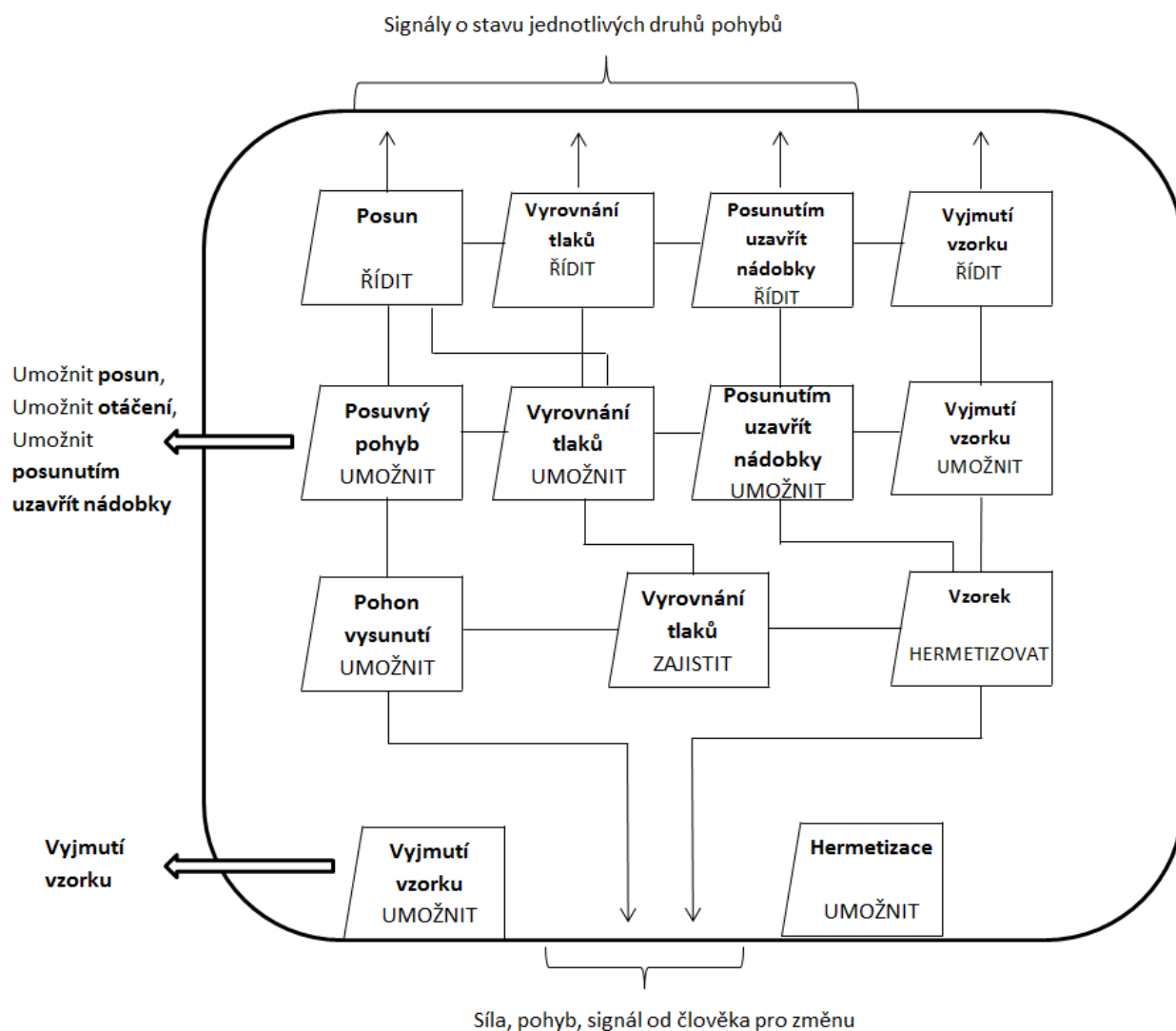


Obrázek 10 Technický proces (blokové schéma [1])

5 FUNKČNÍ STRUKTURA

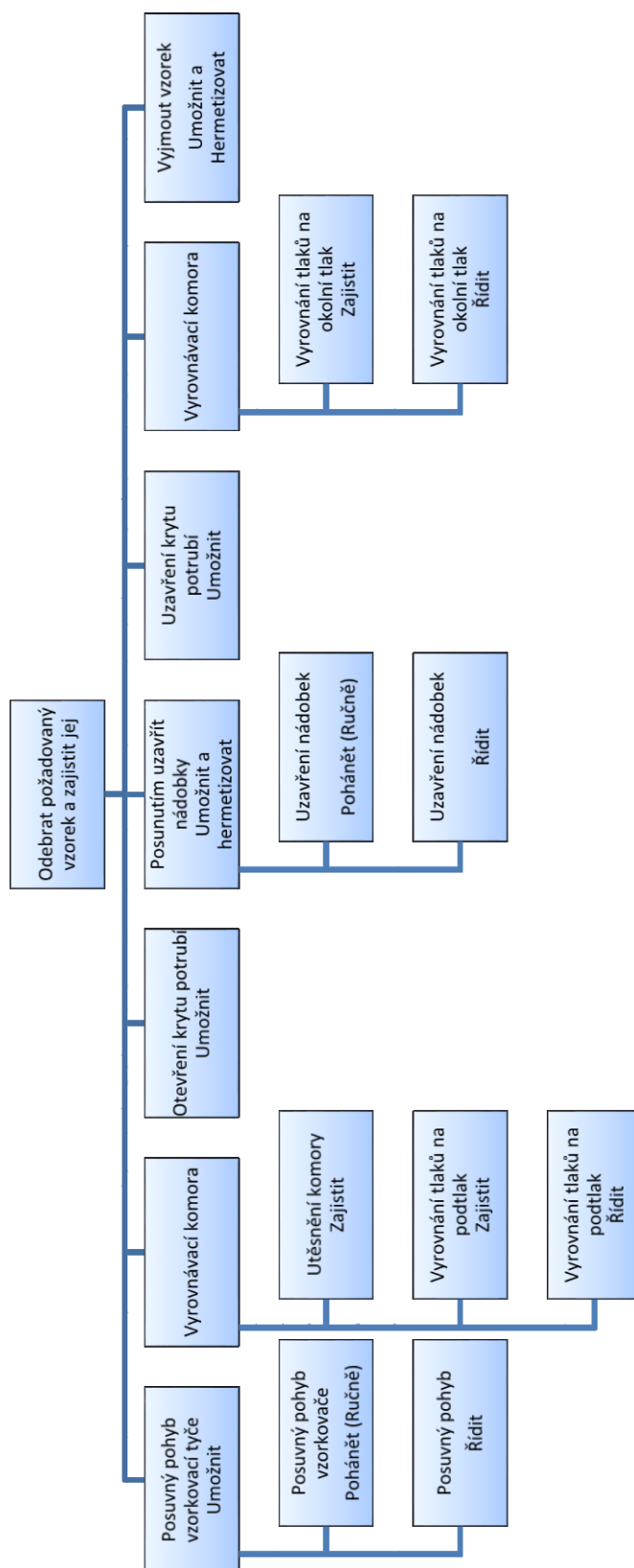
Funkční struktura vyjadřuje optimální soustavu funkcí technického systému. Zobrazuje technický systém pomocí účelových funkcí. [I]

5.1 Blokové schéma



Obrázek 11-Blokové schéma [I]

5.2 Hierarchický funkční strom



Obrázek 12-Funkční struktura - Hierarchický funkční strom [1]

6 ORGANOVÁ STRUKTURA

Organová struktura přiřazuje jednotlivé funkční orgány – nositele funkcí, z nichž vybereme nejvhodnější varianty způsobu zajištění funkce [1]

6.1 Morfologická matice

Dílčí funkce		Orgány nositelé funkcí				
		1	2	3	4	5
1.	Přípevnění odběrové komory	Součást vzorkovací tyče				
2.	Uzavírání odběrových komor	Vysunutím	Pootočením			
3.	Posun v ose X	Pneumaticky	Ozubená kola	Ručně	Lineární aktuátor	Hydraulicky
4.	Utěsnění vyrovnávací komory	Šoupátko s přírubou	Šoupátko s přírubou a servo-pohonem			
5.	Vyrovnání podtlaku ve vyrovnávací komoře	Trojcestný ventil	Vzduchové čerpadlo	Pumpa		
6.	Otevření víka potrubí	Šoupátko s přírubou a servo-pohonem	Šoupátko s přírubou	Nožové šoupátko		
7.	Ruční pohon Umožnit	Přímý	S převodovým mechanismem			
8.	Řízení pohybu	Pohonný mechanismus	Ručně			
9.	Udávání polohy	Ukazatel se stupnicí	Elektronicky	Zarážka a stupnice		
10.	Posunutí Umožnit	Ve vodící tyči				
11.	Jištění polohy Umožnit	Přímé držení rukou	Ve vedení			
12.	Hermetizace vzorku	O-kroužky	Pryžové těsnění	PTFE těsnění		
13.	Uzavření víka potrubí	Šoupátko s přírubou	Šoupátko s přírubou a servo-pohonem			
14.	Vyrovnání okolního tlaku ve vyrovnávací komoře	Trojcestný ventil	Vzduchové čerpadlo	Pumpa		
15.	Vyjmutí vzorku	Ručně				

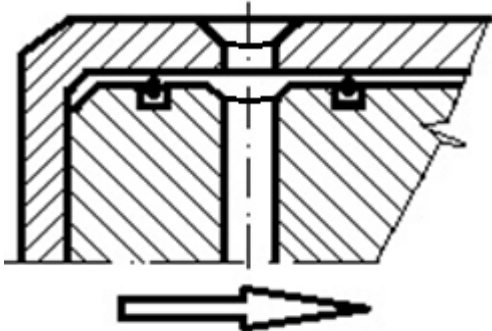
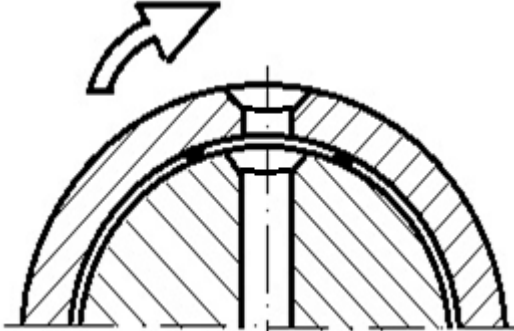
Tabulka 2-Morfologická matice [1]

— Řešení A

— Řešení B

6.2 Vybrané varianty

Vybrali jsme 2 varianty řešení, které jsou pro lepší přehled uvedeny v tabulce.

		Variant A	Variant B
			
-	Funkce	Variant A	Variant B
1.	Přípevnění odběrové komory	Součást vzorkovací tyče	Součást vzorkovací tyče
2.	Uzavírání odběrových komor	Vysunutím	Pootočením
3.	Posun v ose X	Ručně	Pneumaticky
4.	Utěsnění vyrovnávací komory	Šoupátko s přírubou	Šoupátko s přírubou a servopohonem
5.	Vyrovnání podtlaku ve vyrovnávací komoře	Trojcestný ventil	Vzduchové čerpadlo
6.	Otevření víka potrubí	Šoupátko s přírubou	Šoupátko s přírubou a servopohon
7.	Ruční pohon	Přímý	Přímý
8.	Řízení pohybu	Ručně	Pohonný mechanismus
9.	Udávání polohy	Zarážka a stupnice	Elektronicky
10.	Posunutí	Ve vodící tyči	Ve vodící tyči
11.	Jištění polohy	Ve vedení	Ve vedení
12.	Hermetizace vzorku	O-kroužky	O-kroužky
13.	Uzavření víka potrubí	Šoupátko s přírubou	Šoupátko s přírubou a servopohonem
14.	Vyrovnání okolního tlaku ve vyrovnávací komoře	Trojcestný ventil	Vzduchové čerpadlo
15.	Vyjmutí vzorku	Ručně	Ručně

Tabulka 3-Vybrané varianty [1]

6.3 Vyhodnocení variant

Vybrané varianty hodnotíme podle přínosu pro budoucí fungování přístroje.

x	Funkce	Hodnocení	
		Varianta A	Varianta B
Kombinace orgánů - nositelů funkcí	Přípevnění odběrové komory	2	2
	Uzavírání odběrových komor	1	2
	Posun v ose X	2	3
	Utěsnění vyrovnávací komory	1	1
	Vyrovnění podtlaku ve vyrovnávací komoře	2	4
	Otevření víka potrubí	2	2
	Ruční pohon	1	1
	Řízení pohybu	1	2
	Udávání polohy	2	3
	Posunutí	2	2
	Jišťení polohy	1	1
	Hermetizace vzorku	2	2
	Uzavření víka potrubí	2	2
	Vyrovnění okolního tlaku ve vyrovnávací komoře	2	4
	Vyjmutí vzorku	2	2
Sumace hodnocení		25	33
Celkové pořadí		1.	2.

Tabulka 4-Hodnocení funkcí [I]

Kritéria hodnocení:

1 – Nejlepší hodnocení

5 – Nejhorší hodnocení

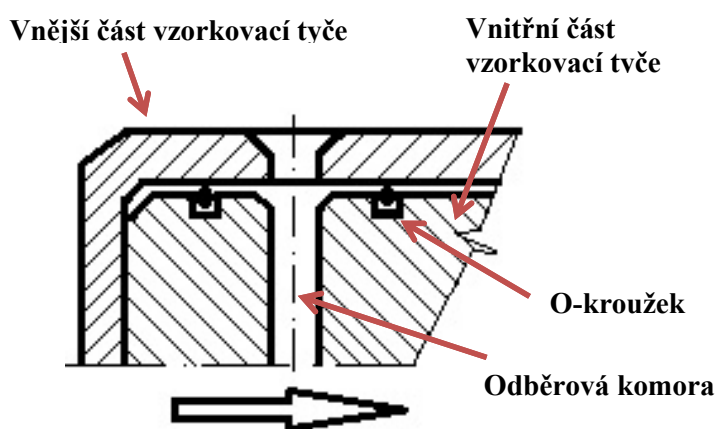
Z důvodů jednoduchosti (ruční obsluha) a předpokladu, že v daném potrubí je pouze malý podtlak a taktéž je předpoklad malých ovládacích sil s ohledem na průměr odběrové tyče, jsem zvolil variantu A jako nejvhodnější.

7 HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA

Varianta A

Varianta A spočívá v ručním ovládání zařízení, bez použití mechanismů.

Pro tuto variantu jsem se rozhodl z důvodu četnosti používání zařízení. Vzorek z potrubí je odebírán cca jednou za 8h, tudíž by bylo zbytečné navrhovat plně automatizované zařízení.



Obrázek 13-Hrubá stavební struktura-Varianta A

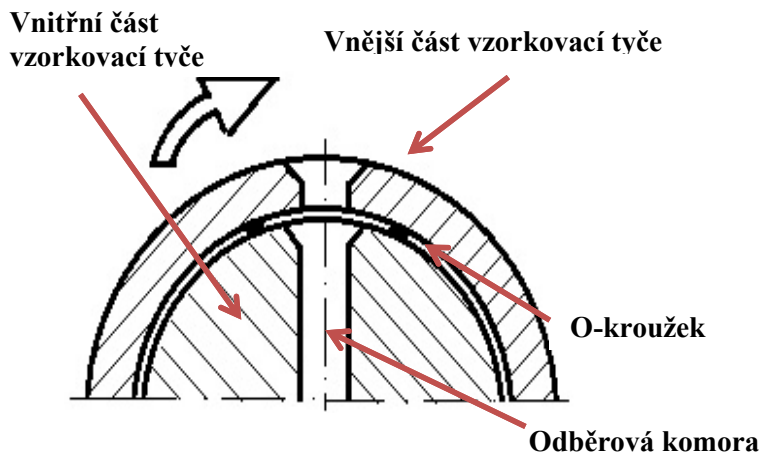
Nejdůležitější částí zařízení je vzorkovací tyč. Princip vzorkovací tyče, při odběru vzorků, spočívá v posunu vnitřní části vzorkovací tyče, kdy dochází k hermetickému uzavření odebíraného materiálu z potrubí v odběrové komoře.

Hermetické uzavření odebraného materiálu ve vnitřní části vzorkovací tyče, v odběrové komoře, je zajištěno pomocí O-kroužků. Ty jsou umístěny na vnitřní části vzorkovací tyče v drážkách, k tomu určených. Drážky O-kroužků byly navrženy dle katalogových listů firmy Busak-Shamban a byly k nim přiřazeny příslušné O-kroužky.

Varianta B

Řešení B spočívá v plně automatizaci celého vzorkovacího zařízení.

Celé vzorkovací zařízení by bylo ovládáno pomocí jednotlivých druhů mechanismů. Tuto možnost jsem nakonec zavrhl z důvodu četnosti používání zařízení. Vzorek z potrubí je odebírán cca jednou za 8h, tudíž by bylo zbytečné navrhovat plně automatizované zařízení.



Obrázek 14-Hrubá stavební struktura-Varianta B

Nejdůležitější částí zařízení je vzorkovací tyč. Princip vzorkovací tyče u plně automatizovaného zařízení, při odběru vzorků, spočívá v pootočení vnitřní části vzorkovací tyče, kdy dochází k hermetickému uzavření odebíraného materiálu z potrubí v odběrové komoře.

Hermetické uzavření odebraného materiálu ve vnitřní části vzorkovací tyče, v odběrové komoře, je zajištěno pomocí O-kroužků. Ty jsou umístěny na vnitřní části vzorkovací tyče v drážkách, k tomu určených. Drážky O-kroužků byly navrženy dle katalogových listů firmy Busak-Shamban a byly k nim přiřazeny příslušné O-kroužky.

8 VÝPOČET

Objem jedné odběrové komory

Při návrhu vzorkovacího zařízení jsem zvolil vnitřní průměr vzorkovací tyče $d_{vt}=49,8\text{mm}$ a průměr jedné odběrové komory na vnitřní vzorkovací tyči $d_{ok}=5\text{mm}$. Z těchto poznatků jsme schopni spočítat objem jedné odběrové komory.

$$V_{ok} = \frac{\pi \cdot d_{ok}^2}{4} \cdot d_{vt} \quad [\text{mm}^3] \quad (8.1)$$

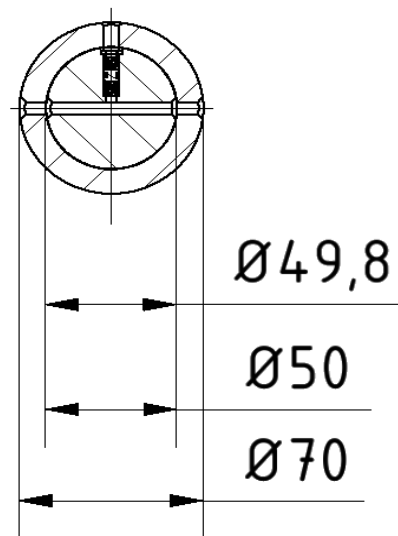
$$V_{ok} = \frac{\pi \cdot 5^2}{4} \cdot 49,8$$

$$V_{ok} = 977,8 \text{ mm}^3$$

Objem jedné odběrové komory je přibližně 1 cm^3

Objem celkový odběrových komor

Na vnitřní vzorkovací tyči se nachází celkem 9 odběrových komor. Vzorkovací tyč byla navržena dle normy ČSN 10 780 [A], která poukazuje na vzorkovací místa v kruhovém potrubí.



Obrázek 15-Základní rozměry odběrové komory

Nejmenší počet vzorkovacích bodů pro potrubí kruhového průřezu [A]

Plocha měřicího profilu m^2	Průměr potrubí m	Nejmenší počet měřících přímk (průměrů)	Nejmenší počet měřících bodů na průměr střední bod		Nejmenší počet měřících míst na průřez střední bod	
			Včetně	Bez	Včetně	Bez
0,07 – 0,38	0,3 – 0,7	2	3	2	5	4
0,38 – 0,79	0,7 – 1	2	5	4	9	8
0,79 – 3,14	1 – 2	2	7	6	13	12
> 3,14	> 2	2	9	8	17	16

Tabulka 5-Nejmenší počet vzorkovacích (měřících) bodů pro potrubí kruhového průřezu o ploše $\geq 0,07 \text{ m}^2$ [A]

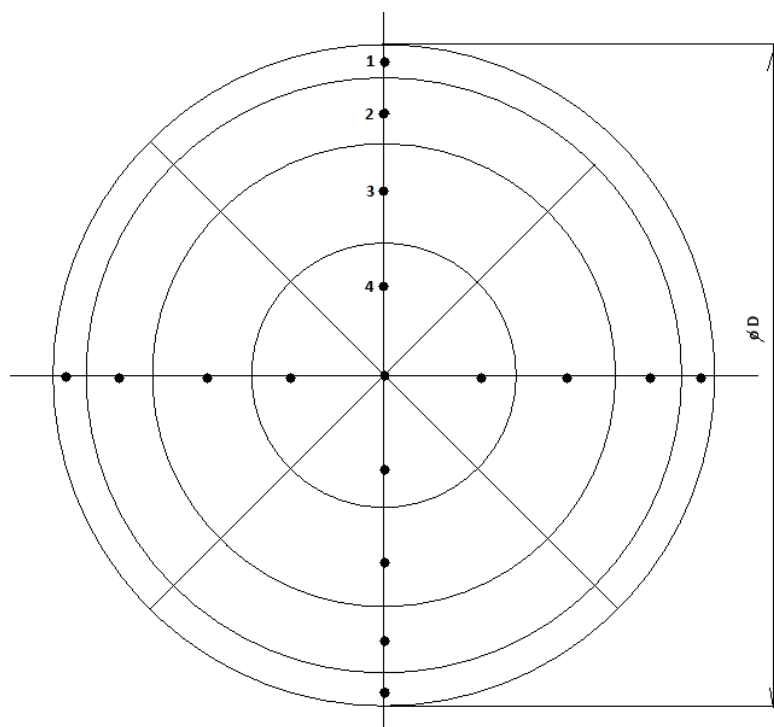
$$V_C = V_{ok} \cdot i \quad [\text{mm}^3] \quad (8.2)$$

$$V_C = 977,8 \cdot 9$$

$$V_C = 8800,2 \text{ mm}^3$$

Celkový objem odběrových komor ve vzorkovací tyči je přibližně $8,8 \text{ cm}^3$.

Rozestavení vzorkovacích míst určujeme z normy ČSN 10 780 [A]



Obrázek 16-Rozmístění vzorkovacích (měřících) bodů v potrubí kruhového průřezu-Základní rozdělení [A]

Počet měřících bodů <i>i</i>	%D Počet měřících bodů, n_d , na jeden průměr			
	3	5	7	9
1	11,3	5,9	4,0	3,0
2	50,0	21,1	13,3	9,8
3	88,7	50,0	26,0	17,8
4		78,9	50,0	29,0
5		94,1	74,0	50,0
6			86,7	71,0
7			96,0	82,2
8				90,2
9				97,0

Tabulka 6-Vzdálenost vzorkovacích (měřících) bodů (v procentech průměru D) od stěny potrubí, základní rozdělení

Hodnoty uvedeny v tabulce jsou určeny tak, aby všechny plochy v potrubí byly při odběru stejné.

Výpočet potřebné síly pro manipulaci se vzorkovací tyčí při vsunutí do vyrovnávací komory a potrubí.

$$p_0 = 1 \text{ bar} = 0,101 \text{ MPa}$$

$$p_p = 0,5 \text{ bar} = 0,051 \text{ MPa}$$

Rozdíl tlaků

$$\Delta p = p_0 - p_p \quad [\text{Pa}] \quad (8.3)$$

$$\Delta p = 0,101 - 0,051$$

$$\Delta p = 0,05 \text{ MPa}$$

Síla potřebná k zasunutí vzorkovací tyče do potrubí

$$F = S_{vt} \cdot \Delta p \quad [\text{N}] \quad (8.4)$$

$$F = \frac{\pi \cdot d_{vtr}^2}{4} \cdot \Delta p$$

$$F = \frac{\pi \cdot 70^2}{4} \cdot 0,05$$

$$F = 192,42 \text{ N}$$

Síla potřebná k povytažení vnitřní vzorkovací tyče pro utěsnění odběrových komor

$$F = S_{vt} \cdot \Delta p \quad [\text{N}] \quad (8.5)$$

$$F = \frac{\pi \cdot d_{vt}^2}{4} \cdot \Delta p$$

$$F = \frac{\pi \cdot 49,8^2}{4} \cdot 0,05$$

$$F = 97,39 \text{ N}$$

9 ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA

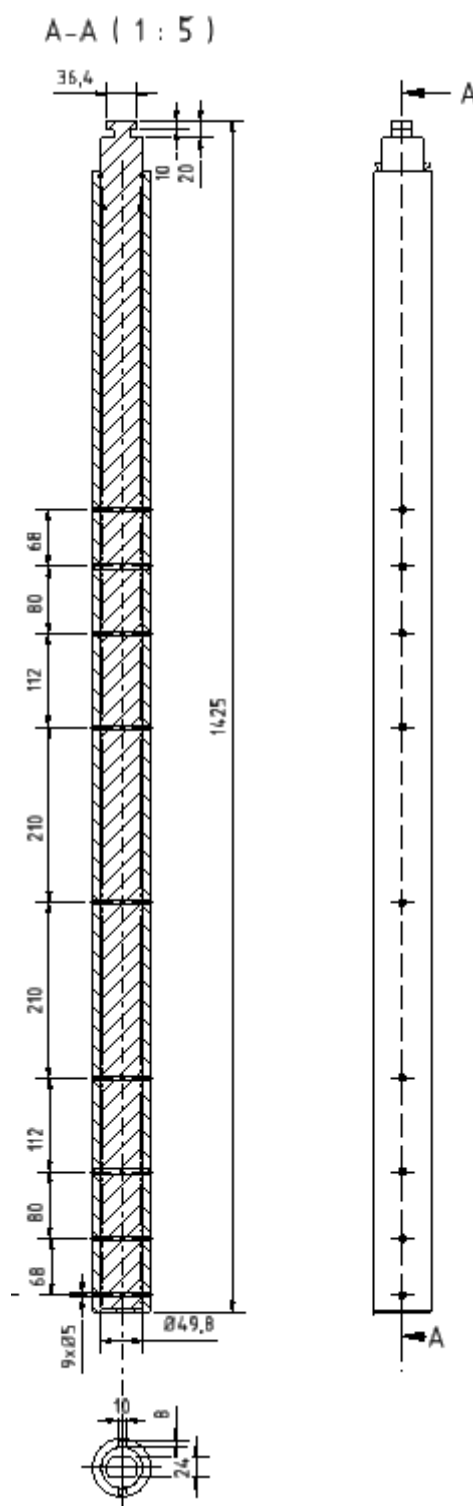
9.1 Úplná stavební struktura vzorkovací tyče

Vzorkovací tyč je složena ze dvou částí. Vnější část vzorkovací tyče (trubka) slouží jako vedení vzorkovací tyče přes vyrovnávací komoru do potrubí a zároveň jako vedení vnitřní pohyblivé části. Taktéž zajišťuje správné utěsnění odebraného materiálu v odběrových komorách. Na vnější části jsou vyvrtány otvory v daných rozstupech dle normy ČSN 10 780. [A]

Vnitřní část vzorkovací tyče je při zasouvání vzorkovací tyče do potrubí, zasunuta na doraz ve vnější části vzorkovací trubky. V této poloze jsou odběrové komory průchozí, tudíž při manipulaci vzorkovací tyče v potrubí, nemůže dojít k nechtěnému odebrání vzorků, do odběrové komory, z jiných vzdáleností, než které jsou pro danou odběrovou komoru určeny.

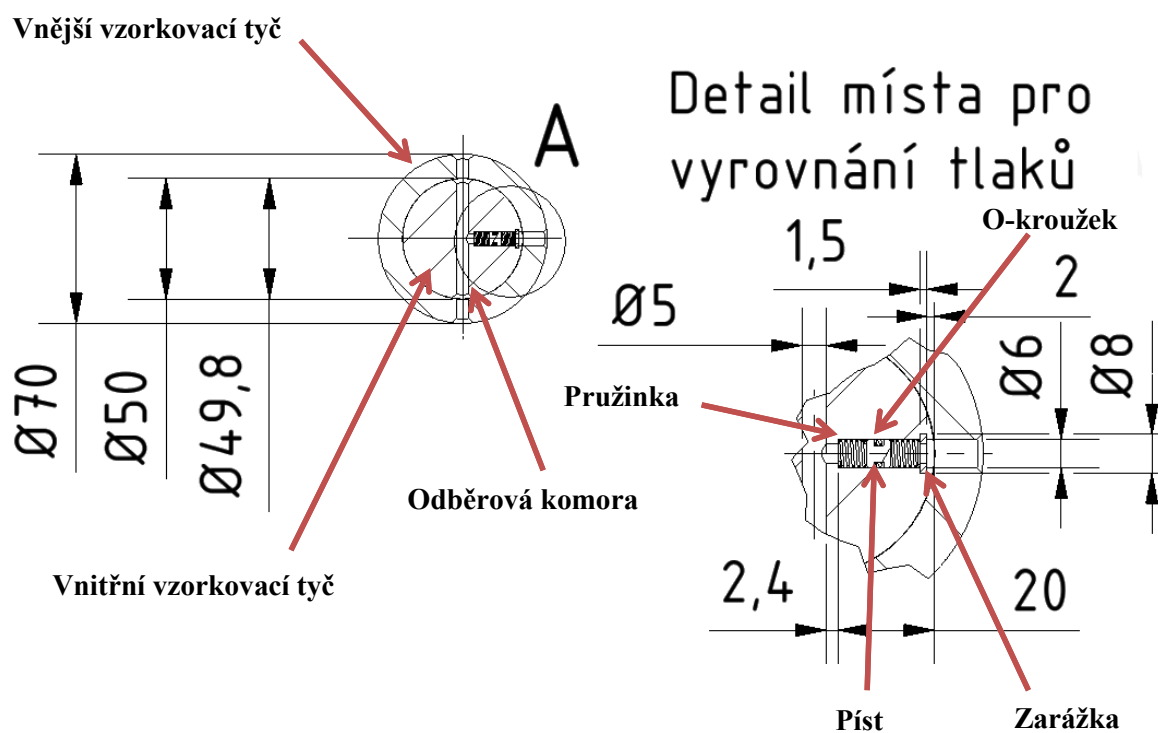
Jakmile se odběrová tyč zasune do požadované vzdálenosti v potrubí, dojde k posuvnému pohybu mezi vnější a vnitřní odběrovou tyčí, čímž se hermeticky uzavřou odběrové komory.

Při odběru vzorků a jeho hermetickém utěsnění v odběrové komoře se v odběrové komoře nachází mírný podtlak, který je nutno vyrovnat s okolním tlakem. K tomuto vyrovnání slouží malý píst, který je umístěn ve vnitřní části vzorkovací tyče.



Obrázek 17-Vzorkovací tyč

Detail místa pro vyrovnání tlaků

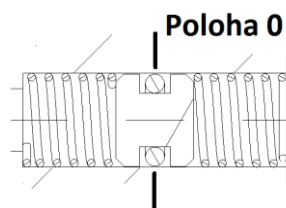


Obrázek 18-Detail místa pro vyrovnání tlaků

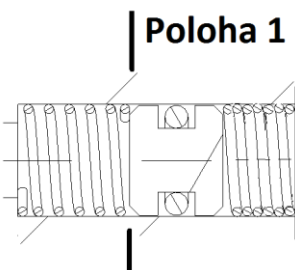
Na obrázku je detail místa pro vyrovnání tlaků. Místo se skládá ze čtyř nejdůležitějších částí:

- Píst (jeho pohybem dochází k vyrovnání tlaků v odběrovém místě)
- Pružinka (umožňuje pístu vrácení se zpět do nulové polohy)
- O-kroužek (slouží k zajištění těsnosti odběrového místa)
- Zarážka (díky zarážce může dojít ke stlačení pružiny, která se o zarážku opírá)

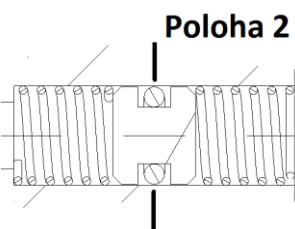
Hlavní polohy pístu



Neutrální stav. Píst se nachází v tomto stavu před vložením vzorkovací tyče do vyrovnávací komory. Na obě strany pístu působí stejný tlak.



Poloha 1. Píst se nachází v poloze 1, při zasunutí vzorkovací tyče do vyrovnávací komory, kdy se pomocí otevření třícestného ventilu sníží ve vyrovnávací komoře tlak, na podtlak, který se nachází v potrubí. Tento rozdíl tlaků způsobí stlačení pružiny a posunutí pístu do polohy 1.



Poloha 2. Píst se nachází v poloze 2, po odebrání vzorků z potrubí, kdy se vzorkovací tyč z potrubí posune zpět do vyrovnávací komory a pomocí třícestného ventilu se změní tlak ve vyrovnávací komoře opět na tlak okolí. Tímto se píst posune do polohy, která je totožná s polohou 0.

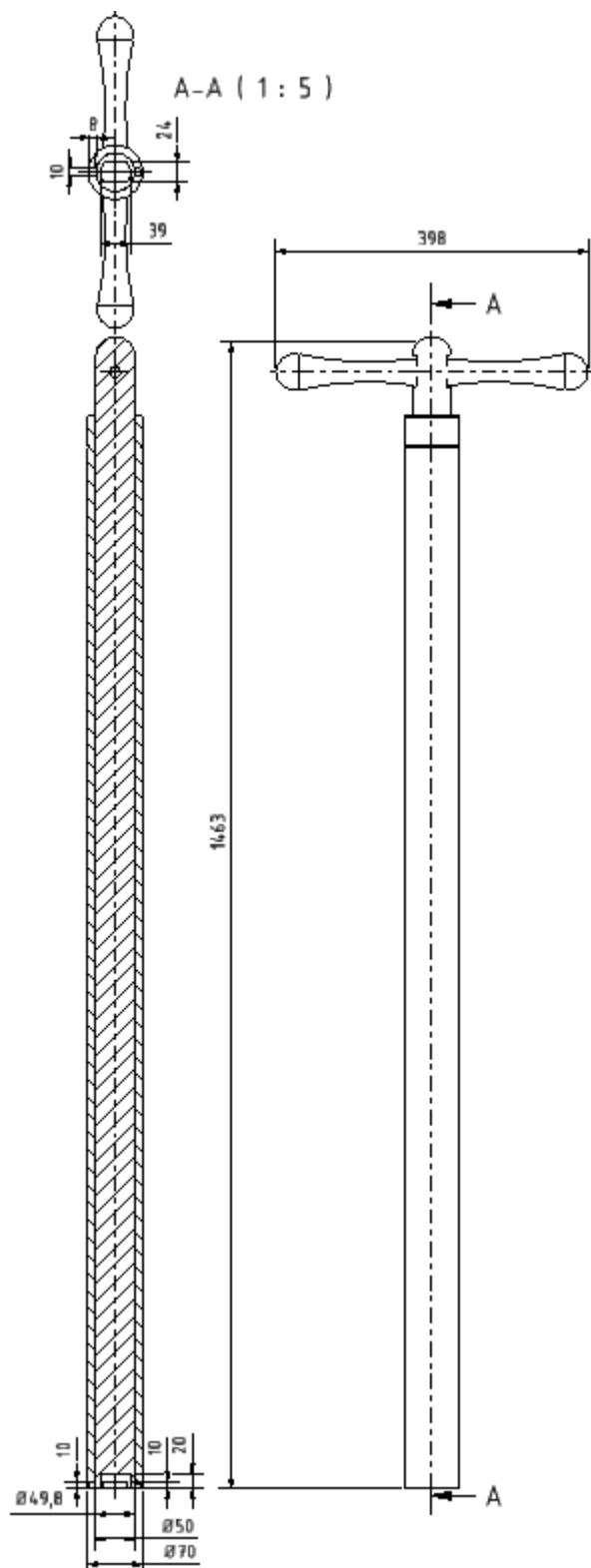
Obrázek 19-Hlavní polohy pístu

9.2 Úplná stavební struktura nadstavce vzorkovací tyče

Nadstavec vzorkovací tyče slouží k prodloužení vzorkovací tyče. To je nutné z důvodů velkého průměru potrubí odkud se bude odebírat vzorek a taktéž z důvodu velkých rozměrů vyrovnávací komory, ve které bude probíhat vyrovnávání tlaků.

Vnější nadstavec vzorkovací tyče je opatřen drážkou, do které se vloží protikus, čili vnější část vzorkovací trubky. Nadstavec se pootočením o 90° zajistí a umožní tak posuvný pohyb.

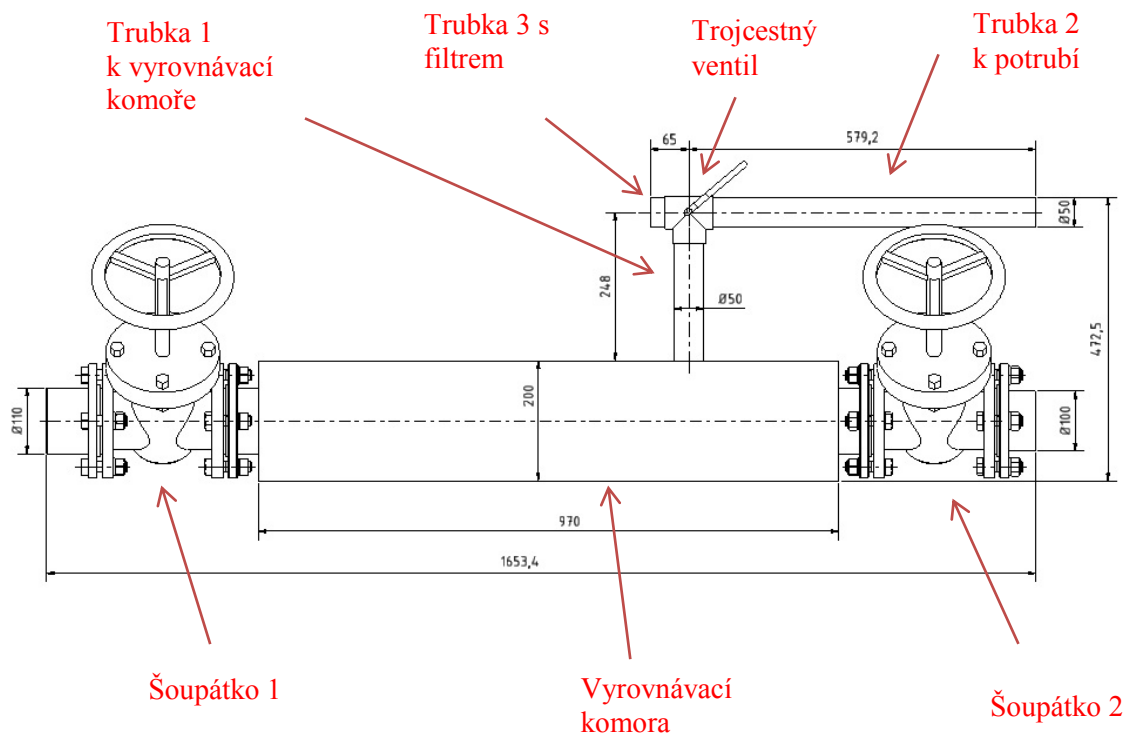
Vnitřní nadstavec vzorkovací tyče je opatřen drážkou, do které se vloží protikus, čili vnitřní část vzorkovací tyče. Ta se pootočením o 90° zajistí a umožní tak výsuvný pohyb. Vnitřní násada vzorkovací tyče má na začátku rukojeť, která slouží k lepšímu ovládání při zasouvání vzorkovací tyče do potrubí. Rukojeti jsou k násadě vzorkovací tyče přišroubovány.



Obrázek 20-Násada vzorkovací tyče

9.3 Úplná stavební struktura celku potřebného k zasunutí vzorkovací tyče do potrubí

Hrubá stavební struktura celku potřebného k zasunutí vzorkovací tyče do potrubí, která se skládá z vyrovnávací komory, dvou šoupátek, tří přírub a tří potrubí.



Obrázek 21-Celek potřebný k zasunutí vzorkovací tyče do potrubí

Šoupátko 1

Slouží u zařízení k otevírání a uzavírání vyrovnávací komory. Zajišťuje těsnost komory, aby se zbytkový materiál, který se v komoře může nacházet, nedostal ven.

Když vzorkovací tyč nasuneme na vodící přírubu, která je umístěna před šoupátkem 1, můžeme ventil otevřít. Ventil zůstává otevřen po celou dobu procesu a odběrů vzorků. Uzavírá se ve stavu, kdy se opět vzorkovací tyč nachází ve vodící přírubě před šoupátkem 1.



Obrázek 22-Šoupátko

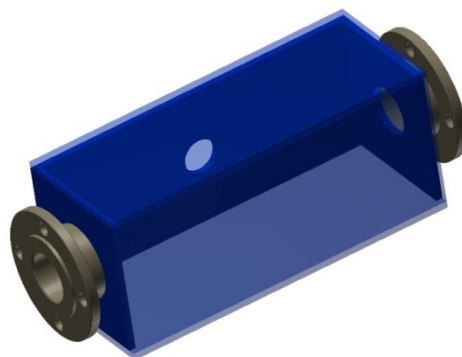
Šoupátko 2

Slouží u zařízení k otevírání a uzavírání potrubí. Taktéž zajišťuje těsnost a uzavírá vstup materiálům z potrubí do vyrovnávací komory.

Ventil se otevírá, když ve vyrovnávací komoře dojde k vyrovnání tlaků a připojí se nadstavec vzorkovací tyče. Ventil je pak po celou dobu odebírání vzorků otevřen. Jakmile dojde k odebrání vzorků do vzorkovací tyče, tyč se posune zpět do vyrovnávací komory a šoupátko 2 se uzavře.

Vyrovnávací komora

Slouží k vyrovnávání tlaků. Před vstupem vzorkovací tyče do potrubí, je nutno vyrovnat tlak ve vyrovnávací komoře s tlakem v potrubí, z důvodů snadnější manipulace se vzorkovací tyčí a taktéž, aby při otevření šoupátka 2, které otevírá a uzavírá potrubí, nedošlo k radikálnímu narušení tlaku v potrubí a nedošlo tak k víření materiálů, v něm unášených.



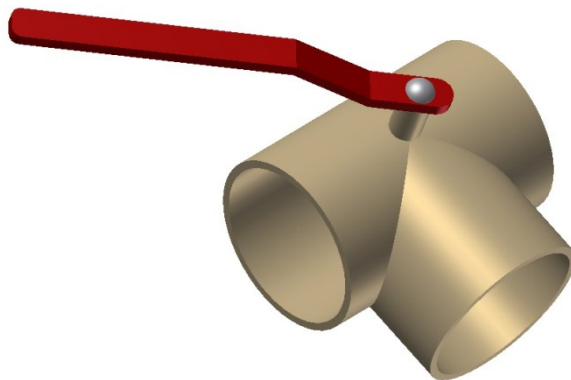
Obrázek 23-Vyrovnávací komora

Při vysunutí vzorkovací tyče, ve které je odebrán vzorek, z potrubí do vyrovnávací komory, dochází ve vyrovnávací komoře k vyrovnání tlaků z podtlaku na tlak okolí. Zároveň dojde i k vyrovnání tlaku v odběrových komorách na vzorkovací tyči. Poté se až může vzorkovací tyč vyjmout z vyrovnávací komory a utěsnit šoupátkem 1.

Třícestný ventil

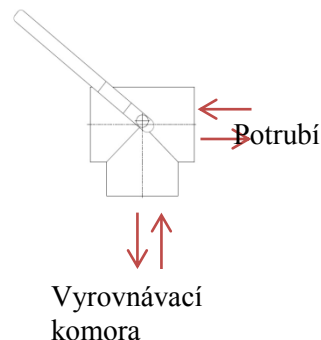
Slouží k vyrovnávání tlaků ve vyrovnávací komoře.

Třícestný ventil (vrtání L) má dvě základní polohy, které odpovídají činnosti vyrovnávací komory.



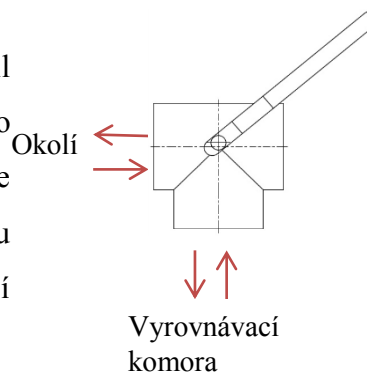
Obrázek 24-Třícestný ventil

První poloha- v první poloze dochází přes třicečný ventil k propojení potrubí s vyrovnávací komorou. K tomuto propojení dochází, před zasunutím vzorkovací tyče do potrubí. Kdy otevřením tohoto obvodu vyrovnáme třicečným ventilem tlak ve vyrovnávací komoře s tlakem v potrubí.



Obrázek 25-Třicečný ventil-První poloha

Druhá poloha- v druhé poloze dochází přes třicečný ventil k propojení vyrovnávací komory s okolím. K tomuto propojení dochází, před vysunutím vzorkovací tyče z vyrovnávací komory ven. Kdy otevřením tohoto obvodu vyrovnáme třicečným ventilem tlak ve vyrovnávací komoře s tlakem okolí.

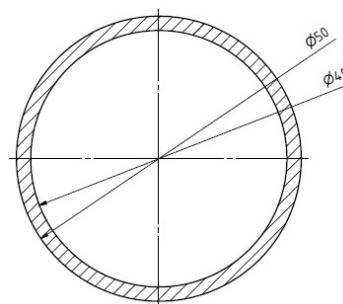


Obrázek 26-Třicečný ventil-Druhý oběh

Trubka 1 - slouží k propojení vyrovnávací komory s třicečným ventilem. Proudí v ní vzduch z okolí, nebo vzduch ve formě podtlaku z potrubí.

Trubka 2 - slouží k propojení potrubí s třicečným ventilem. Proudí v ní vzduch ve formě podtlaku z potrubí.

Trubka 3 - slouží k propojení třicečného ventilu s okolím. Proudí v ní vzduch z okolí, nebo vzduch ve formě podtlaku z potrubí. Na konci této trubky se nachází filtr, který zabraňuje zbytkovému materiálu, který by se mohl v potrubí nacházet, dostat se do okolí.



Obrázek 27-Trubka 1,2,3

Jednotlivé pracovní fáze procesu odběru vzorků

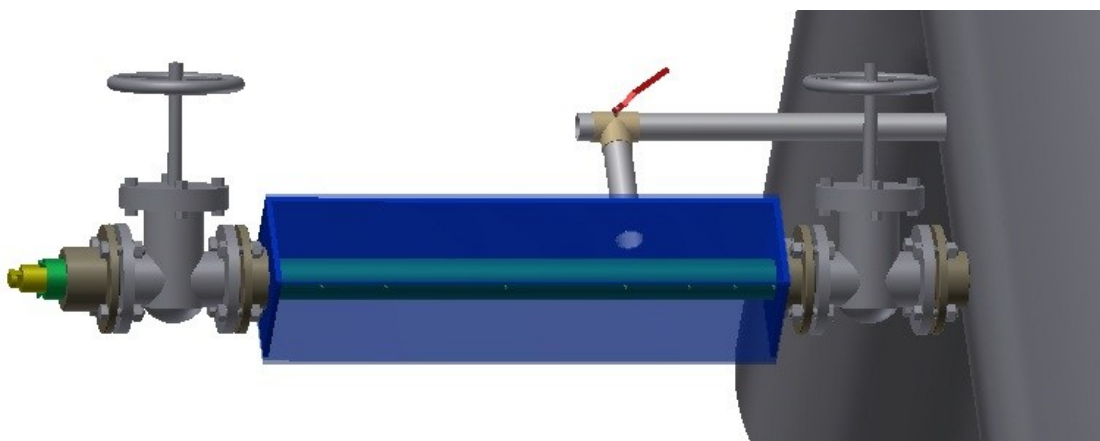
Fáze 1



Obrázek 28-Pracovní fáze vzorkovače-Fáze 1

Příprava vzorkovacího zařízení, k odběru vzorků z potrubí. Vzorkovací tyč je nasunuta na vodící přírubu a připravena před prvním šoupátkem, které po jeho otevření umožní vstup vzorkovací tyče do vyrovnávací komory, uvnitř které dojde k vyrovnání tlaků na podtlak, který se nachází v potrubí. Tlaky je nutno vyrovnat z důvodu snadné manipulace vzorkovací tyče a rovněž také kvůli nechtěnému proudění materiálů z potrubí.

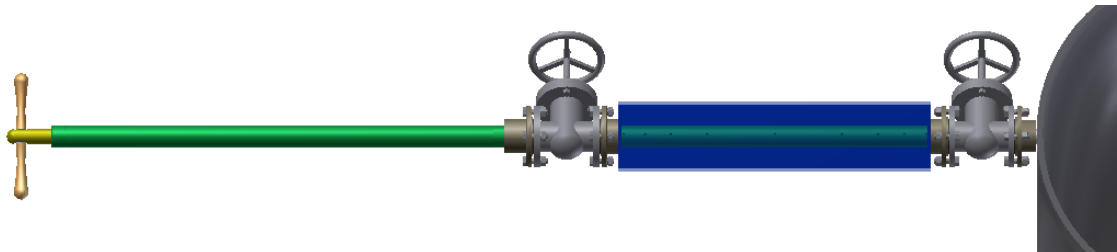
Fáze 2



Obrázek 29-Pracovní fáze vzorkovače-Fáze 2

Vzorkovací tyč je nyní umístěna ve vyrovnávací komoře, kde dochází k vyrovnání tlaků s potrubím, pomocí třicestného ventilu. Uvnitř vyrovnávací komory se nyní nachází podtlak shodný s podtlakem v potrubí. Zařízení nyní čeká na připojení

nadstavce vzorkovací tyče a otevření druhého šoupátka, aby mohlo být posunuto do potrubí, odkud odebere vzorek.

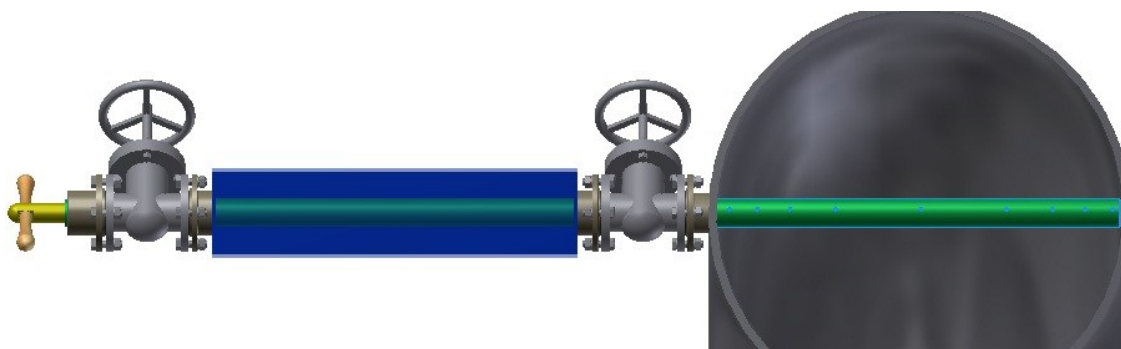


Obrázek 30-Pracovní fáze vzorkovače-Fáze 3

Fáze 3

K zařízení je během vyrovnávání tlaků ve vyrovnávací komoře připojen nadstavec vzorkovací tyče, který zajišťuje prodloužení ramene vzorkovací tyče, aby mohlo dojít k jejímu úplnému zasunutí do potrubí. Nadstavec vzorkovací tyče se ke vzorkovací tyči připevňuje pomocí drážek opačného tvaru, které se pootočením o 90° zajistí a umožní tak manipulaci s oběma kusy současně.

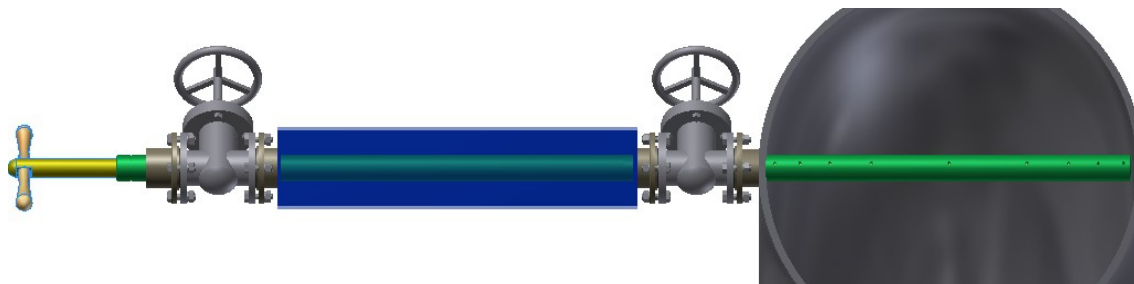
Fáze 4



Obrázek 31-Pracovní fáze vzorkovače-Fáze 4

Ve vyrovnávací komoře je nyní podtlak, taktéž je připojena nastavovací tyč vzorkovače, tudíž může být otevřeno šoupátko 2, které umožní zasunutí vzorkovací tyče do potrubí a umožní tak odběr vzorků. Zařízení ve stavu po odebrání vzorků. Vzorkovací tyč se do potrubí zasouvá až po pojistný kroužek, který je umístěn na vnější části nadstavce, ve vzdálenosti, která odpovídá průměru potrubí.

Fáze 5



Obrázek 32-Pracovní fáze vzorkovače-Fáze 5

Vzorky jsou po odebrání hermeticky uzavřeny v odběrových komorách ve vzorkovací tyči. K uzavření odběrových komor dojde výsuvným pohybem vnitřní části vzorkovací tyče a vnitřní části nadstavce, pomocí O-kroužků.

Po úspěšném odběru vzorků se zařízení opět vytahuje opačnými kroky zpět.

ZÁVĚR

Obsahem práce bylo navrhnout zařízení, které bude odebírat reprezentativní vzorek k podrobnějšímu rozboru v laboratoři.

Z potrubí, které má přibližně JS 1000, odebrat vzorek cca jednou za 8h. V potrubí proudí částice prachu, mikročástice, nebo nanočástice. Materiál je v potrubí unášen podtlakem. Vzorek se v potrubí bude odebírat za kolenem, takže musíme brát v úvahu jeho rychlost proudění v daném profilu. Vzorkovací tyč byla konstruována na základě normy ČSN 10780, která uvádí způsoby odběrů a rozložení vzorkovacích míst v určitých druzích potrubí.

Vzorkovací tyč, do které bude materiál odebírán, se přes šoupátko vsune nejprve do vyrovnávací komory, kde dojde k vyrovnání tlaků (podtlak/okolní tlak) z důvodů snadnější manipulace se vzorkovací tyčí a rovněž, aby nedošlo k víření materiálů, které jsou unášeny v potrubí. Během tohoto procesu dojde k připojení násady tyče, aby vzorkovací tyč mohla být snadněji zavedena do potrubí. Odtud se otevře šoupátko, které umožní vzorkovací tyči vstup do potrubí, odkud odebere vzorek přibližně o objemu $9 \times 1 \text{ cm}^3$. Při vytahování vzorkovací tyče z potrubí se celý proces opakuje, pouze opačným způsobem.

SEZNAM LITERATURY

Knihy a časopisy

- [I] Hubka Vladimír, Konstrukční Nauka, obecný model při konstruování, 2 přepracované a doplněné vydání. Vyd. 1995. 118s. ISBN 80-90 1135-0-8

Normy

- [A] ČSN ISO 10780. *Stacionární zdroje emisí: Stanovení nízkých hmotnostních koncentrací prachu - Manuální gravimetrická metoda*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [B] ČSN ISO 9096. *Stacionární zdroje emisí: stanovení hmotnostní koncentrace a hmotnostního toku tuhých částic v potrubí - Manuální gravimetrická metoda*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [C] ČSN EN 13284-1. *Stacionární zdroje emisí: Stanovení nízkých hmotnostních koncentrací prachu - Manuální gravimetrická metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2002.

Internetové zdroje

- [1] Nanomateriály. [online]. [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://delta.fme.vutbr.cz/mikromechanika/nanomaterA4.pdf>
- [2] Vzorkovací zařízení. [online]. [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.schulzep.cz/drupal6/?q=node/4>
- [3] Větrání: Vzduchovody pro rovnoměrný přívod vzduchu. [online]. [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~schwajan/schwarzer_soubory/Soubory/Vzduchovody/vzduchovody2.pdf
- [4] Vliv místních odporů na tlakové ztráty v potrubí. [online]. [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/8514-vliv-mistnich-odporu-na-tlakove-ztraty-v-potrubu>
- [5] Trelleborg sealling solutions. [online]. [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.tss.trelleborg.com/global/en/service/catalogsbrochures/czech/czech.html>

- [6] Vznik tlakové ztráty při proudění tekutiny. [online]. [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/vznik-tlakove-ztraty-pri-proudeni-tekutiny.html>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Nanomateriál [1]	11
Obrázek 2-Systém nanozrn [1]	12
Obrázek 3-Velikost jednoho odebraného vzorku [2].....	12
Obrázek 4-Typy proudění [3]	13
Obrázek 5-Závislost součinitele tření λ na Re a poměrné drsnosti ϵ/d při proudění potrubím kruhového průřezu [3]	14
Obrázek 6-Příklady místních ztrát [6]	14
Obrázek 7-Rychlosti a vektory u ostrého kolena [3]	15
Obrázek 8-Rychlosti a vektory u oblého kolena [3]	15
Obrázek 9-Černá skříňka [I]	19
Obrázek 10-Technický proces (blokové schéma [I]	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 11-Blokové schéma [I]	21
Obrázek 12-Funkční struktura - Hierarchický funkční strom [I].....	22
Obrázek 13-Hrubá stavební struktura-Varianta A	26
Obrázek 14-Hrubá stavební struktura-Varianta B	27
Obrázek 15-Základní rozměry odběrové komory.....	28
Obrázek 16-Rozmístění vzorkovacích (měřících) bodů v potrubí kruhového průřezu-Základní rozdělení [A].....	29
Obrázek 17-Vzorkovací tyč	31
Obrázek 18-Detail místa pro vyrovnání tlaků.....	32
Obrázek 19-Hlavní polohy pístu	33
Obrázek 20-Násada vzorkovací tyče	34
Obrázek 21-Celek potřebný k zasunutí vzorkovací tyče do potrubí.....	35
Obrázek 22-Šoupátko	35
Obrázek 23-Vyrovnávací komora.....	36
Obrázek 24-Třicestný ventil	36
Obrázek 25-Třicestný ventil-První poloha	37
Obrázek 26-Třicestný ventil-Druhý oběh	37
Obrázek 27-Trubka 1,2,3	37

Obrázek 28-Pracovní fáze vzorkovače-Fáze 1	38
Obrázek 29-Pracovní fáze vzorkovače-Fáze 2	38
Obrázek 30-Pracovní fáze vzorkovače-Fáze 3	39
Obrázek 31-Pracovní fáze vzorkovače-Fáze 4	39
Obrázek 32-Pracovní fáze vzorkovače-Fáze 5	40

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1-Požadavkový list [I].....	18
Tabulka 2-Morfologická matice [I]	23
Tabulka 3-Vybrané varianty [I]	24
Tabulka 4-Hodnocení funkcí [I]	25
Tabulka 5-Nejmenší počet vzorkovacích (měřicích) bodů pro potrubí kruhového průřezu o ploše $\geq 0,07\text{m}^2$ [A]	28
Tabulka 6-Vzdálenost vzorkovacích (měřicích) bodů (v procentech průměru D) od stěny potrubí, základní rozdělení.....	29

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I - Šoupátka
Příloha II – Třicestné ventily
Příloha III – O-kroužky
Příloha IV - Pružiny
Příloha V – Kruhové tyče
Příloha VI – Výkresová dokumentace
Příloha VII – 3D model konstrukčního řešení
Příloha VIII - CD

Přílohy

Příloha 1

Šoupátka

- materiál hlavních částí uhlíková ocel / Tmax.400°C / PN25
- ovládání ručním kolem



Položka	Název položky	Popis položky	CZK bez DPH	EUR
01-07265	S38 111 525 DN50	šoupátko třmenové přírubové	9 395,00	368,49
01-07266	S38 111 525 DN65	šoupátko třmenové přírubové	11 071,00	434,22
01-07267	S38 111 525 DN80	šoupátko třmenové přírubové	13 405,00	525,77
01-07268	S38 111 525 DN100	šoupátko třmenové přírubové	16 410,00	643,63
01-01173	S38 111 525 DN125	šoupátko třmenové přírubové	23 574,00	924,62
01-00108	S38 111 525 DN150	šoupátko třmenové přírubové	27 619,00	1 083,27
01-06560	S38 111 525 DN200	šoupátko třmenové přírubové	41 717,00	1 636,22
01-03697	S38 111 525 DN250	šoupátko třmenové přírubové	53 967,00	2 116,68
01-03109	S38 111 525 DN300	šoupátko třmenové přírubové	66 678,00	2 615,23
01-07276	S38 111 525 DN350	šoupátko třmenové přírubové	79 621,00	3 122,88
01-07264	S38 111 525 DN400	šoupátko třmenové přírubové	130 121,00	5 103,58
01-07012	S38 111 525 DN500	šoupátko třmenové přírubové	170 567,00	6 689,95

http://www.arpod.cz/cenik_a_soupatka.php

Příloha II

Třícestné ventily



	Kulový kohout (ventil) trojcestný DELTA do L - třícestný 1/4" AKCE ■ ▶ více informací	Množství: <input type="text" value="1"/>	520,00 Kč bez DPH  Koupit
	Kulový kohout (ventil) trojcestný DELTA do L - třícestný 3/8" ■ ▶ více informací	Množství: <input type="text" value="1"/>	321,70 Kč bez DPH  Koupit
	Kulový kohout (ventil) trojcestný DELTA do L - třícestný 3/4" ■ ▶ více informací	Množství: <input type="text" value="1"/>	450,40 Kč bez DPH  Koupit
	Kulový kohout (ventil) trojcestný DELTA do L - třícestný 1" ■ ▶ více informací	Množství: <input type="text" value="1"/>	669,50 Kč bez DPH  Koupit
	Kulový kohout (ventil) trojcestný DELTA do L - třícestný 5/4" ■ ▶ více informací	Množství: <input type="text" value="1"/>	892,40 Kč bez DPH  Koupit
	Kulový kohout (ventil) trojcestný DELTA do L - třícestný 6/4" ■ ▶ více informací	Množství: <input type="text" value="1"/>	1.429,30 Kč bez DPH  Koupit
	Kulový kohout (ventil) trojcestný DELTA do L - třícestný 2" ■ ▶ více informací	Množství: <input type="text" value="1"/>	1.983,80 Kč bez DPH  Koupit

<http://akvinaservis.cz/Foto-a-video/Kulove-kohouty-ventily/Kulovy-kohout-ventil-trojcestny-DELTA-do-L-tricestny-1-2.html>

Příloha III

Těsnění O-kroužky

O-kroužek je dvojčinný těsnicí prvek. Stlačení při instalaci působící v radiálním nebo axiálním směru dává O-kroužku počáteční těsnicí schopnost. Tato síla zvýšená o sílu vyvozenou tlakem v systému tvoří výslednou těsnicí sílu.

Pracovní tlak:

statické aplikace

do 5 MPa bez opěrného kroužku (vnitřní průměr O-kroužku $d_1 > 50\text{mm}$)
 do 10 MPa bez opěrného kroužku (vnitřní průměr O-kroužku $d_1 < 50\text{ mm}$)
 do 40 MPa s opěrným kroužkem
 do 250 MPa se speciálním opěrným kroužkem

dynamické aplikace

do 5 MPa bez opěrného kroužku
 nad 5 MPa s opěrným kroužkem

Rychlost: do 0,5 m/s (přímochárý vratný pohyb)
 do 0,5 m/s (rotační pohyb)

Teplota: od -60°C až do $+325^\circ\text{C}$ (v závislosti na materiálu)

Média:

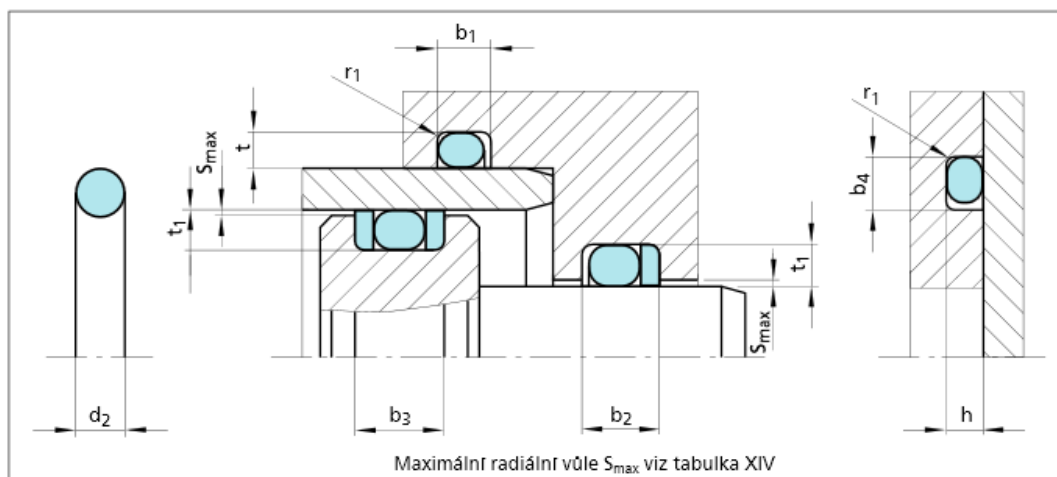
díky širokému rozsahu materiálů s rozdílnými vlastnostmi, je možno těsnit prakticky všechny kapaliny, plyny a chemikálie

Kroužek zvolený pro utěsnění odběrové komory.

Průměr průřezu	Radiální zástavba			Axiální zástavba		Poloměr**
	Hloubka drážky		Šířka drážky*	Hloubka drážky	Šířka drážky	
	Dynamicky	Staticky				
d ₂	t ₁ + 0,05	t + 0,05	b ₁ + 0,2	h + 0,05	b ₄ + 0,2	r ₁ ± 0,2
2,26	1,90	1,70	3,00	1,70	3,10	0,30
2,30 2,34	1,95	1,75	3,10	1,75	3,10	0,30
2,40	2,05	1,80	3,20	1,80	3,30	0,30
2,46	2,10	1,85	3,30	1,85	3,40	0,30
2,50	2,15	1,90	3,30	1,85	3,40	0,30
2,62	2,25	2,00	3,60	2,00	3,80	0,30
2,65	2,25	2,00	3,60	2,00	3,80	0,30
2,70	2,30	2,05	3,60	2,05	3,80	0,30
2,80	2,40	2,10	3,70	2,10	3,90	0,60
2,92 2,95	2,50	2,20	3,90	2,20	4,00	0,60
3,00	2,60	2,30	4,00	2,30	4,00	0,60
3,10	2,70	2,40	4,10	2,40	4,10	0,60
3,50	3,05	2,65	4,60	2,65	4,70	0,60
3,53	3,10	2,70	4,80	2,70	5,00	0,60

O-kroužek zvolený pro píst

■ Doporučení pro instalaci



Obrázek 24 Instalační výkres

Tabulka XIX Zástavbové rozměry

Průměr průřezu	Radiální zástavba			Axiální zástavba		Poloměr**
	Hloubka drážky		Šířka drážky*	Hloubka drážky	Šířka drážky	
	Dynamicky	Staticky				
d ₂	t ₁ + 0,05	t + 0,05	b ₁ + 0,2	h + 0,05	b ₄ + 0,2	r ₁ ± 0,2
0,50	–	0,35	0,80	0,35	0,80	0,20
0,74	–	0,50	1,00	0,50	1,00	0,20
1,00 1,02	–	0,70	1,40	0,70	1,40	0,20
1,20	–	0,85	1,70	0,85	1,70	0,20
1,25 1,27	–	0,90	1,70	0,90	1,80	0,20
1,30	–	0,95	1,80	0,95	1,80	0,20
1,42	–	1,05	1,90	1,05	2,00	0,30
1,50 1,52	1,25	1,10	2,00	1,10	2,10	0,30
1,60 1,63	1,30	1,20	2,10	1,20	2,20	0,30
1,78	1,45	1,30	2,40	1,30	2,60	0,30
1,80	1,45	1,30	2,40	1,30	2,60	0,30
1,83	1,50	1,35	2,50	1,35	2,60	0,30
1,90	1,55	1,40	2,60	1,40	2,70	0,30
1,98 2,00	1,65	1,50	2,70	1,50	2,80	0,30
2,08 2,10	1,75	1,55	2,80	1,55	2,90	0,30
2,20	1,85	1,60	3,00	1,60	3,00	0,30

<http://tss->

static.com/remotemedia/media/globalformastercontent/downloadsautomaticallycreatedbyscript/catalogs/o_ring_cz.pdf

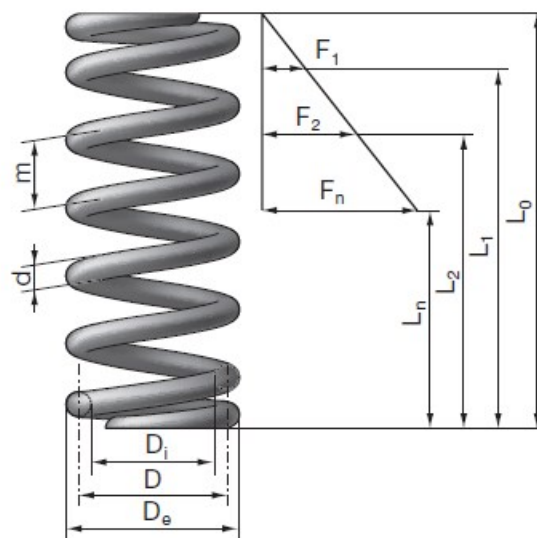
Příloha IV

Pružiny

Symbolsy v tabulce

▼▼▼ Broušený koncový závit

↔ Bezpečné proti vybočení



STŘEDISKO **PRUŽINY**

HENNLICH INDUSTRIETECHNIK, spol. s r. o.

TLAČNÉ PRUŽINY - PRUŽINOVÁ OCEL

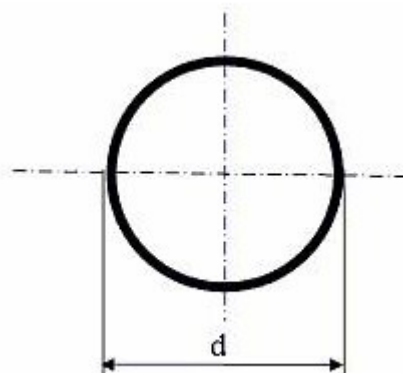
d = 0,50 - 0,56 mm

d [mm]	De [mm]	D [mm]	Di [mm]	Lo [mm]	n	Da [mm]	Dh [mm]	R [N/mm]	sn [mm]	Ln [mm]	F _n [N]	M [g]	Číslo zboží	▼▼▼	↔
0,50	3,00	2,50	2,00	4,4	3,5	1,9	3,2	11,66	1,3	3,1	15,7	0,07	40/1/1	+	+
				6,1	5,5			7,42	1,9	4,2	14,3	0,09	40/1/2	+	+
				8,7	8,5			4,80	2,9	5,8	13,7	0,13	40/1/3	+	+
				12,0	12,5			3,26	3,9	8,1	12,9	0,18	40/1/4	+	+
				17,5	18,5			2,21	6,1	11,4	13,5	0,25	40/1/5	+	—
0,50	3,70	3,20	2,70	5,5	3,5	2,5	3,9	5,56	2,4	3,1	13,6	0,09	40/2/1	+	+
				7,9	5,5			3,54	3,7	4,2	13,2	0,12	40/2/2	+	+
				11,5	8,5			2,29	5,7	5,8	13,0	0,16	40/2/3	+	+
				16,0	12,5			1,56	7,9	8,1	12,4	0,23	40/2/4	+	+
				23,5	18,5			1,05	12,1	11,4	12,7	0,32	40/2/5	+	—
0,50	4,50	4,00	3,50	7,0	3,5	3,3	4,7	2,85	3,9	3,1	11,2	0,11	40/3/1	+	+
				10,0	5,5			1,81	5,8	4,2	10,6	0,15	40/3/2	+	+
				15,0	8,5			1,17	9,2	5,8	10,7	0,20	40/3/3	+	+
				21,5	12,5			0,80	13,4	8,1	10,7	0,28	40/3/4	+	—
				31,0	18,5			0,54	19,6	11,4	10,6	0,40	40/3/5	+	—
0,50	5,50	5,00	4,50	9,4	3,5	4,3	5,8	1,46	6,3	3,1	9,2	0,13	40/4/1	+	+
				14,0	5,5			0,93	9,8	4,2	9,1	0,18	40/4/2	+	+
				20,5	8,5			0,60	14,7	5,8	8,8	0,26	40/4/3	+	+
				30,0	12,5			0,41	21,9	8,1	9,0	0,35	40/4/4	+	—
				44,5	18,5			0,28	33,1	11,4	9,1	0,50	40/4/5	+	—
0,50	6,80	6,30	5,80	13,5	3,5	5,6	7,2	0,73	9,6	3,9	7,0	0,17	40/5/1	—	+
				20,0	5,5			0,46	15,0	5,0	7,0	0,23	40/5/2	—	+
				30,0	8,5			0,30	23,3	6,7	7,0	0,32	40/5/3	—	+
				44,0	12,5			0,20	35,1	8,9	7,2	0,45	40/5/4	—	—
				65,0	18,5			0,14	52,8	12,2	7,3	0,63	40/5/5	—	—
0,50	8,00	7,50	7,00	17,0	3,5	6,8	8,5	0,43	13,1	3,9	5,7	0,20	40/6/1	—	+
				26,0	5,5			0,27	21,0	5,0	5,8	0,28	40/6/2	—	+

<http://www.hennlich.cz/produkty/pruziny-tlacne-pruziny-162/tlacne-pruziny-z-pruzinove-oceli.html>

Příloha V

Kruhové tyče



Průměr d [mm]	Hmotnost kg/m	Průměr d [mm]	Hmotnost kg/m
3	0,056	40	9,87
4	0,099	45	12,50
5	0,150	50	15,45
6	0,222	55	18,70
7	0,310	60	22,35
8	0,400	65	26,05
9	0,500	70	30,21
10	0,620	75	34,70
11	0,750	80	39,50
12	0,890	85	44,55
13	1,050	90	49,94
14	1,210	95	55,65
15	1,390	100	61,70
16	1,580	105	68,00
17	1,790	110	74,60
18	2,000	115	81,55
19	2,230	120	88,80
20	2,470	125	96,33
22	2,980	130	104,20
24	3,550	140	121,00
25	3,850	150	139,00
26	4,170	160	158,00
28	4,840	170	178,20
30	5,550	180	200,00
32	6,320	190	223,00
35	7,560	200	247,00
36	7,990	210	272,00
38	8,910		

<http://www.ferrum.cz/hutni-materialy/sortiment/tycova-ocel/2-ocelove-tyce-kruhove-valcovane-a-tazene/>